

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2003013163 A

(43) Date of publication of application: 15.01.03

<p>(51) Int. Cl</p> <p><b>C22C 21/00</b></p> <p><b>C22C 1/05</b></p> <p><b>C22C 21/02</b></p> <p><b>C22C 32/00</b></p> <p><b>C23C 24/04</b></p> <p><b>C23C 28/00</b></p> <p><b>F02F 1/00</b></p> <p><b>F02F 5/00</b></p>	
--	--

(21) Application number: 2001202216

(71) Applicant: TOYOTA MOTOR CORP

(22) Date of filing: 03.07.01

(72) Inventor: KATO SHINJI

(54) SLIDING MEMBER MADE FROM POWDER ALUMINUM ALLOY, AND COMBINATION OF CYLINDER AND PISTON RING

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sliding member made from a powder aluminum alloy, superior in abrasion resistance, corrosion resistance, extrudability, and machinability, while little abrading an opposite material.

SOLUTION: The sliding member made from the powder aluminum alloy comprises a matrix formed by the powder aluminum alloy, which includes silicon 12-30%, manganese 3-6%, magnesium 1-6%, and the balance

substantially aluminum with unavoidable impurities, and which has 30 or more of multiplied value of the mass percentage of silicon by that of manganese; and hard particles dispersed in the matrix, which are one or two of ferrous hard particles and ceramic particles having a lower hardness than that of alumina. A superior wear resistance can be obtained also by improving the abrasion resistance of the aluminum alloy and dispersing hard particles of a comparatively low hardness. The aluminum alloy possesses improved corrosion resistance because of excluding Fe and Cu, and possesses improved elongation and extrudability because of little total added quantity of Si, Fe, Cu, and the like.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-13163

(P2003-13163A)

(43) 公開日 平成15年1月15日 (2003.1.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
C 2 2 C 21/00		C 2 2 C 21/00	E 3 G 0 2 4
1/05		1/05	C 4 K 0 1 8
21/02		21/02	4 K 0 4 4
32/00		32/00	R
C 2 3 C 24/04		C 2 3 C 24/04	
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-202216(P2001-202216)

(22) 出願日 平成13年7月3日 (2001.7.3)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 加藤 ▲慎▼治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100081776

弁理士 大川 宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉末アルミニウム合金製摺動部材及びシリンダとピストンリングの組み合わせ

(57) 【要約】

【課題】耐摩耗性、耐食性、押出性、機械加工性に優れ、相手材の摩耗が小さい粉末アルミニウム合金性摺動部材を提供することである。

【解決手段】12～30%のケイ素と3～6%のマンガンと1～6%のマグネシウムと残部を実質的にアルミニウム及び不可避免的不純物とからなり、ケイ素及びマンガンの質量百分率の数値を掛け合わせた数値が30以上である粉末アルミニウム合金によって形成されるマトリックスと、このマトリックス中に分散された鉄系硬質粒子及びアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子の1種以上である硬質粒子とからなる粉末アルミニウム合金製摺動部材である。アルミニウム合金の耐摩耗性を向上させて比較的硬さの低い硬質粒子を含有させても優れた耐摩耗性を得ることができる。Fe、Cuを含有していないので耐食性を向上させ、Si、Fe、Cu等の合計添加量が少ないので、伸び及び押出性を向上できる。

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 粉末アルミニウム合金によって形成されたマトリックスと該マトリックス中に分散された硬質粒子とを含む粉末アルミニウム合金製摺動部材において、前記粉末アルミニウム合金は、前記粉末アルミニウム合金の質量を100%として12~30%のケイ素と1~6%のマンガンと1~6%のマグネシウムと残部を実質的にアルミニウム及び不可避免的不純物とからなり、かつ前記ケイ素の質量百分率の数値と前記マンガンの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上となる組成であり、前記硬質粒子は、鉄系硬質粒子及びアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子の1種以上であることを特徴とする粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項2】 前記硬質粒子が前記鉄系硬質粒子のみからなるときは、前記硬質粒子の含有量は、前記粉末アルミニウム合金製摺動部材の質量を100%として、3~30%である請求項1記載の粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項3】 前記硬質粒子が、前記セラミックス粒子のみからなるときは、前記硬質粒子の含有量は、前記粉末アルミニウム合金製摺動部材の質量を100%として、1~30%である請求項1記載の粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項4】 前記硬質粒子が、前記鉄系硬質粒子と前記セラミックス粒子とからなるときは、前記硬質粒子の含有量は、前記粉末アルミニウム合金製摺動部材の質量を100%として、1~30%である請求項1記載の粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項5】 前記硬質粒子は、MHVが2000未満である請求項1、2、3又は4記載の粉末アルミニウム摺動部材。

【請求項6】 前記鉄系硬質粒子は、高~低炭素鉄クロム合金粒子である請求項1、2又は4記載の粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項7】 前記セラミックス粒子は、ムライト粒子である請求項1、3又は4記載の粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項8】 前記硬質粒子は、平均粒径が2~20 $\mu$ mである請求項1、2、3、4、5、6又は7記載の粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項9】 ウォータブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部が形成された請求項1、2、3、4、5、6、7又は8記載の粉末アルミニウム合金製摺動部材。

【請求項10】 Ni及びSnのいずれかをコーティングした微粒子を用いたショットブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部が形成されると共にNi被膜及びSn被膜のいずれかが形成された請求項1、2、3、4、5、6、7又は8記載の粉末アルミニウム

合金製摺動部材。

【請求項11】 シリンダとピストンリングの組み合わせにおいて、

前記シリンダの内周摺動面は前記請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9及び10のいずれかに記載された粉末アルミニウム合金製摺動部材によって構成され、前記シリンダの前記内周摺動面と摺動する前記ピストンリングの外周摺動面はDLC被膜、WC/C被膜及び樹脂被膜のいずれかが形成されていることを特徴とするシリンダとピストンリングの組み合わせ。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、粉末アルミニウム合金製摺動部材及びシリンダとピストンの組み合わせに関する。特にシリンダーライナーに用いることができる粉末アルミニウム合金製摺動部材及び粉末アルミニウム合金製摺動部材をシリンダの内周摺動面に用いたシリンダとピストンに関する。

**【0002】**

【従来の技術】自動車のエンジンのシリンダライナ材として、従来製造コストを低く押さえるために安価な鑄鉄等が用いられてきた。

【0003】しかし近年では燃費の向上から各部品の軽量化が要請され、耐熱性、耐摩耗性が要求されるシリンダライナについても同様に軽量化が要請されている。そこで安価なねずみ鑄鉄に代わってシリンダライナーに用いることができる軽いアルミニウム合金を用いた摺動部材が開発されてきた。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながらアルミニウム合金製摺動部材をシリンダライナーに用いた場合のように高温、高面圧、腐食雰囲気、油滑不足状態で使用すると、アルミニウム合金のみ構成されたアルミニウム製摺動部材では摺動部材の耐摩耗性が不足することになる。そのためにアルミニウム合金の耐摩耗性の不足を補うためにアルミニウム合金に硬さの高い硬質成分を含有させてアルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性を確保することが従来から行われた。

**【0005】**

例えば特開平2-122043号公報には、初晶の大きさが10 $\mu$ m以下のケイ素(Si)を含むアルミニウム合金からなるマトリックスとこのマトリックス中に分散されかつアルミニウム合金製摺動部材の質量を100%として3~5%のアルミナ粒子及び0.5~3%の黒鉛粒子とを有し、アルミナ粒子は最大粒径が30 $\mu$ m以下で平均粒径が10 $\mu$ m以下であり、黒鉛粒子は最大粒径が10 $\mu$ m以下であるアルミニウム合金製摺動部材が開示されている。更にこのアルミニウム合金製摺動部材に用いられるアルミニウム合金として、アルミニウム合金の質量を100%として、16~18%のSiと4~6%の鉄(Fe)と2~4%の銅(Cu)

と 0.5~2% のマグネシウム (Mg) と 0.2~0.5% のマンガン (Mn) と残部をアルミニウム (Al) 及び不可避免的な不純物とからなるアルミニウム合金が開示されている。

【0006】また特開平 2-101140 号公報にはアルミニウム合金マトリックスとこのアルミニウム合金マトリックスに分散された硬質粒子とを有し、このアルミニウム合金マトリックスは、アルミニウム合金マトリックスの質量を 100% として、14.5% の Si と 4.5% の Fe と 2.5% の Cu と 0.5% の Mg と残部を実質的に Al 及び不可避免的な不純物とからなり、硬質粒子はアルミナ粒子、ムライト粒子、炭化ケイ素等のセラミックス粒子を用いたアルミニウム合金摺動部材が開示されている。

【0007】しかしここで開示されたアルミニウム合金製摺動部材のように、硬さの高い硬質成分でアルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性の不足を補うと、この硬質成分の成分の存在によって、今度は相手材の摩耗を増大させてしまうという問題が生じていた。そこでこの相手材の摩耗を増大させてしまうという問題にたいして、従来は相手材を耐摩耗性の優れた材料に変更することによって対応してきた。また硬さの高い硬質成分を含んでいるためにアルミニウム摺動部材に対して切断、ボーリング等の機械加工を行った場合に加工性が悪いという問題が生じた。

【0008】またこれらのアルミニウム合金製摺動部材は耐食性が悪く、エンジンのシリンダライナ材に用いる場合のように腐食雰囲気下において摩耗が大きかった。さらに伸び、押出性が悪く、また熱伝導性が低いという問題もあった。

【0009】またアルミニウム合金製摺動部材をシリンダライナに用いた場合には低温スカッフ性が悪いという問題が従来から生じていた。即ち低温かつ枯渇潤滑下で使用した場合に、アルミニウム合金中のアルミニウムが塑性流動し易いことから、摺動面の表面の形状がオイルの保持性能を有していないと、容易に凝着を起こしてスカッフを発生させていた。

【0010】そのために従来からアルミニウム合金製摺動部材の摺動面の表面を ECM 処理 (Electrochemical Machining) 即ち電解加工を行ってきた。しかしこの電解加工は前処理として脱脂を十分に行う必要があり、又処理むらが生じやすいという問題があった。更に処理液の劣化を防いだり、処理液の蒸気によって周囲の加工機械が錆びるのを防止する必要がある、そのために製造コストが増大するという問題があった。

【0011】一方ショットブラスト、ショットピーニング等では必要なスカッフ防止性を得ることができなかった。

【0012】またスカッフ性は、相対する摺動部材の組み合わせにも依存するものである。摺動部材に用いられ

るアルミニウム合金は、上述したように凝着しやすいものである。そこで相手材の特性がこの凝着し易さを補うことが追求されてきた。

【0013】本発明は上記問題を鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、耐摩耗性、耐食性、押出性、機械加工性に優れ、相手材の摩耗が小さい粉末アルミニウム合金性摺動部材を提供することである。

【0014】また本発明の目的は、更にスカッフ防止性に優れた粉末アルミニウム合金製摺動部材を提供することである。

【0015】更に本発明の目的は、スカッフ防止性に優れたシリンダとピストンの組み合わせを提供することである。

【0016】

【課題を解決する手段】 (第 1 の発明) 本発明者は従来のアルミニウム合金製摺動部材の問題点について以下のように考えた。まず相手材の摩耗が大きく、また機械加工性が悪いのは、アルミニウム合金製摺動材の耐摩耗性を確保するために硬さの高いアルミナ、炭化ケイ素等の硬質セラミックス粒子を分散させているからだと考えた。そこで硬質粒子としては比較的硬さの低い硬質粒子を用いて、代わりにマトリックスとしてのアルミニウム合金自体の耐摩耗性を向上させればよいと考えた。

【0017】また従来のアルミニウム合金製摺動部材の耐食性が悪いのは、マトリックスとしてのアルミニウム合金に Fe、Cu が含まれているからであり、また熱伝導性が低く、伸び及び押出性が悪いのは、アルミニウム合金に含まれる Si、Fe、Cu 等の合計添加量が多いからだと考えた。

【0018】そこで本発明者は、鋭意研究の結果、粉末アルミニウム合金によって形成されたマトリックスとこのマトリックス中に分散された硬質粒子とを含む粉末アルミニウム合金製摺動部材において、粉末アルミニウム合金は、粉末アルミニウム合金の質量を 100% として 12~30% のケイ素と 1~6% のマンガンを 1~6% のマグネシウムと残部を実質的にアルミニウム及び不可避免的な不純物とからなり、かつ前記ケイ素の質量百分率の数値と前記マンガンの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が 30 以上となる組成であり、硬質粒子は、鉄系硬質粒子及びアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子の 1 種以上であることを特徴とする粉末アルミニウム合金製摺動部材を発明した。

【0019】即ち本発明は、マトリックスとしてのアルミニウム合金の組成を上記組成とすることによって、アルミニウム合金の耐摩耗性を向上させて硬質成分の負担を軽減して、鉄系硬質粒子及びアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子のように比較的硬さの低い硬質粒子を含有させても優れた耐摩耗性を得ることができるようにした。

【0020】また本発明の粉末アルミニウム合金製摺動

部材は、アルミニウム合金にFe、Cuを含有していないので耐食性を向上させることができる。またアルミニウム合金に含まれるSi、Fe、Cu等の合計添加量が少ないので、伸び及び押出性を向上させることができる。

【0021】また本発明者は、スカッフ防止性を向上させる観点から、本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材の摺動面に対して、従来のEMC処理に代えて次の処理を行うことが好ましいと考えた。

【0022】即ち本発明者は、上述した本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材において、ウォータブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部が形成された粉末アルミニウム合金摺動部材を発明した。

【0023】高圧水を音速を超える高速で粉末アルミニウム合金製摺動部材の摺動面に当てることによって、粉末アルミニウム合金製摺動部材の摺動面を破壊して摺動面に多数の微小な凹部を均一に分布させることができる。摺動面に形成され均一に分布した微小な凹部は油溜まりの役割を有し、スカッフを防止することができる。

【0024】また本発明者は、本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材において、Ni及びSnのいずれかをコーティングした微粒子を用いたショットブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部が形成されると共にNi被膜及びSn被膜のいずれかが形成された粉末アルミニウム合金製摺動部材を発明した。

【0025】単に微粒子を用いたショットブラストのみではマトリックスである粉末アルミニウム合金の組成流動層を伴うために十分なスカッフ防止性を得ることが困難である。またアルミニウム合金と合金化しにくいNi或いはSnを単にアルミニウム合金製摺動部材の摺動面にコーティングしただけではスカッフ防止性が不足するだけではなく、短時間にコーティングしたNi或いはSnの被膜が摩滅してしまう。そこでNi或いはSnをコーティングした微粒子を用いて摺動面にショットブラストを行って、微小な凹部を形成すると共にNi或いはSnの被膜を形成することによってスカッフ防止性を向上させることができる。

【0026】(第2の発明) また本発明者は、シリンダとピストンリングの組み合わせにおいて、シリンダの内周摺動面は、本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材のいずれかによって構成され、シリンダの内周摺動面と摺動するピストンリングの外周摺動面はDLC被膜、WC/C被膜及び樹脂被膜のいずれかが形成されていることを特徴とするシリンダとピストンリングの組み合わせを発明した。

【0027】本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材をシリンダの内周摺動面として用いた場合、その相手材であるピストンリングの外周摺動面にDLC(diamond likecarbon)被膜、WC/C(タングステンカーバイド層とカーバイド層のナノミクロンオーダーの積層体)被膜

或いは樹脂被膜を形成すると、アルミニウム合金の凝着を発生しにくくすることができる。従ってスカッフ防止性に優れたシリンダとピストンリングの組み合わせを提供することができる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態について説明する。

【0029】(第1の発明) 第1の発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材は、粉末アルミニウム合金によって形成されたマトリックスと該マトリックス中に分散された硬質粒子とを含む粉末アルミニウム合金製摺動部材において、粉末アルミニウム合金は、粉末アルミニウム合金の質量を100%として12~30%のケイ素(Si)と1~6%のマンガン(Mn)と1~6%のマグネシウム(Mg)と残部を実質的にアルミニウム(Al)及び不可避免的不純物とからなり、かつケイ素の質量百分率の数値とマンガンの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上となる組成であり、硬質粒子は、鉄系硬質粒子及びアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子の1種以上であることを特徴とする。

【0030】本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性は、ケイ素とマンガンの硬質粒子の含有量が多いと耐摩耗性に優れ、少ないと耐摩耗性が低下する。一方ケイ素とマンガンの硬質粒子の含有量が多すぎると製造性が低下してしまう。そこで本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材においては、ケイ素の含有量が12~30%で、マンガンの含有量が1~6%で、かつケイ素の質量百分率の数値とマンガンの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上となる組成とすることによって、マトリックスとなる粉末アルミニウム合金自体の耐摩耗性を向上させて硬質粒子への負担を低減することができるようにした。なおここで例えばケイ素の質量百分率が25%でマンガンの質量百分率が5%の場合には、ケイ素の質量百分率の数値とマンガンの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値は75となる。

【0031】また本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材においては、硬質粒子として鉄系硬質粒子及びアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子を用いる。即ち鉄系硬質粒子は鉄を含むことから比較的硬さが低い硬質粒子である。またアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子も比較的硬さが低い硬質粒子である。これらの比較的硬さが低い硬質粒子を粉末アルミニウム合金に含有させることによって、粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性を確保しつつ、相手材への攻撃性を低下させて摺動時における相手材の摩耗量を少なくすることができる。

【0032】硬質粒子の含有量は、本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性及び相手材に対する攻撃性を考慮して適切な量を含有させることができる。この場合硬質粒子の含有量は、硬質粒子が鉄系硬質粒子の

みからなるときは、粉末アルミニウム合金製摺動部材を100%として3~30%であることが好ましい。また硬質粒子がセラミックス粒子のみからなるときは、粉末アルミニウム合金製摺動部材を100%として1~30%であることが好ましい。更に硬質粒子が鉄系硬質粒子とセラミックス粒子とからなるときは、粉末アルミニウム合金製摺動部材を100%として1~30%であることが好ましい。

【0033】硬質粒子の含有量が多すぎると相手材に対する攻撃性が増大して相手材の摩耗量が多くなってしまふ。逆に硬質粒子の含有量が少ないと本発明の粉末アルミニウム合金摺動部材の耐摩耗性が低下してしまふ。また硬質粒子の含有量が多すぎると、機械加工性が低下してしまひ、それだけ製造コストが増大してしまふ。

【0034】なお硬質粒子として用いられる鉄系硬質粒子、セラミックス粒子の粒径はともに2~20 $\mu$ mであることが好ましい。硬質粒子の粒径が2 $\mu$ m未満となると粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性が低下してしまひ、20 $\mu$ mを越えると相手材への攻撃性が増大して相手材の摩耗量が増大してしまひ、また機械加工性が低下し、製造コストが増大してしまふ。

【0035】なお本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材に用いる硬質粒子としては微小硬さ即ちMHV (Micro-Vickers Harness)が2000未満であることが好ましい。アルミナ粒子のMHVは2000であり、MHVが2000未満の硬質粒子を用いることによって相手材への攻撃性を低下させて相手材の摩耗量を低下させることができる。

【0036】また鉄系硬質粒子としては、ステライトNo.1、FeW、FeMo、JPH3、高~低炭素鉄クロム(FeCrC)合金粒子を用いることができる。これらのうちで高~低炭素鉄クロム合金粒子を用いることが好ましい。高~低炭素合金粒子は比較的硬さの低い硬質粒子であり、相手材への攻撃性を低下させて相手材の摩耗量を低下させることができると共に粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性を確保することができる。

【0037】またセラミックス粒子としては、ムライト、SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、TiC、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>、MgO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の粒子を用いることができる。これらのうちムライト粒子を用いることが好ましい。ムライト粒子はアルミナ粒子よりもMHVが低く適切な硬さを有しているので相手材への攻撃性を低下させて相手材の摩耗量を低下させることができると共に粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性を確保することができる。

【0038】なお本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材においては、上記成分以外に固体潤滑剤を必要に応じて添加して用いることもできる。この場合固体潤滑剤としてグラファイト、カーボン、MoS<sub>2</sub>、BN、グラッシーカーボン等を用いることができる。また固体潤滑剤は、概ね本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材の

質量を100%として、概ね5%以下とすることが好ましい。5%を超えて固体潤滑剤を添加すると製造時における押出性が低下するからである。

【0039】また本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材は、ウォーターブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部が形成された粉末アルミニウム合金製摺動部材であることが好ましい。

【0040】粉末アルミニウム合金製摺動部材の摺動面に形成された多数の凹部は油溜まりの役割を果たすことによって摺動面の保油機能を確保することができ、その結果粉末アルミニウム合金製摺動部材のスカッフ防止性を向上させることができる。また摺動面に高圧の水を当てることによって摺動面が加工硬化してそれだけ粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性を向上させることができる。なおこのウォーターブラストは、超高压水発生ポンプで得た超高压水をノズルにより噴射して粉末アルミニウム合金製摺動部材の摺動面の表面に当てることによって行うことができる。

【0041】或いは本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材は、Ni及びSnのいずれかをコーティングした微粒子を用いたショットブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部が形成されると共にNi被膜及びSn被膜のいずれかが形成された粉末アルミニウム合金製摺動部材であることが好ましい。

【0042】このようにNi或いはSnをコーティングした微粒子を用いて摺動面にショットブラストを行うことによって、摺動面に多数の凹部を形成すると共に摺動相手であるピストンリング等に凝着し易いアルミニウム合金の表面露出を抑え、Ni或いはSnの被膜を形成することによってスカッフ防止性を向上させることができる。Ni或いはSnをコーティングした微粒子を摺動面に当てて摺動面にNi或いはSnがアルミニウム合金と機械的合金化(メカニカルアロイニング)してNi或いはSnの被膜を形成することができる。このように摺動面に形成された凹部にNi或いはSnの被膜がアルミニウム合金と合金化して形成されるので、摩滅しにくく本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材のスカッフ防止性を向上させることができる。

【0043】また摺動面に形成された多数の凹部は油溜まりの役割を果たすことによって摺動面の保油機能を確保することができ、その結果粉末アルミニウム合金製摺動部材のスカッフ防止性を向上させることができる。また摺動面に微粒子を当てることによって摺動面が加工硬化してそれだけ粉末アルミニウム合金製摺動部材の耐摩耗性を向上させることができる。

【0044】このようにNi及びSnのいずれかをコーティングした微粒子を粉末アルミニウム合金製摺動部材に当てることによって、摺動面に微小な凹部を多数形成することができる。

【0045】なお本発明のアルミニウム合金製摺動部材

は、従来のアルミニウム合金製摺動部材の製造方法に準じて製造することができる。即ちエアアトマイズ法によって、粉末アルミニウム合金の質量を100%として12~30%のケイ素と1~6%のマンガンと1~6%のマグネシウムと残部を実質的にアルミニウム及び不可避免の不純物とからなり、かつケイ素の質量百分率の数値とマンガンの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上となる組成であるアルミニウム合金粉末を急冷凝固して形成することができる。

【0046】そしてこのアルミニウム合金粉末に高~低炭素鉄クロム粒子等の鉄系硬質粒子及びムライト粒子等のアルミナよりも硬さが低いセラミックス粒子の1種以上を添加してV型混合機等を用いて均一に混合することができる。そしてこの均一に混合されたアルミニウム合金粉末と硬質粒子とを冷間静水圧プレス等を用いてピレット等の所定の形状の圧粉体を得ることができる。次にこの得られたピレット等の圧粉体を電気炉等で加熱して、圧粉体の温度が概ね400℃になった時点で押出機で押し出して所定の形状の粉末アルミニウム合金製摺動部材を形成することができる。

【0047】(第2の発明)第2の発明は、シリンダとピストンリングの組み合わせにおいて、前記シリンダの内周摺動面は、第1の発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材によって構成され、シリンダの内周摺動面と摺動するピストンリングの外周摺動面はDLC被膜、WC/C被膜及び樹脂被膜のいずれかが形成されていることを特徴とするシリンダとピストンリングの組み合わせである。

【0048】本発明のシリンダとピストンリングの組み合わせにおけるシリンダの内周摺動面は、第1の発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材によって構成されるので、この部分の説明は、第1の発明の説明に譲る。

【0049】ピストンリングの外周摺動面は通常用いられる方法で用いて製造することができる。通常に用いられるピストンリングの表面に窒化処理によって窒化層を形成しておく。そしてPVD法、CVD法、プラズマC

V D法等を用いて、DLC被膜、WC/C被膜を形成することができる。

【0050】このようにシリンダの相手材であるピストンリングの外周摺動面にDLC被膜、WC/C被膜、樹脂被膜を形成することによって、シリンダの内周摺動面に用いられた第1の発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材の粉末アルミニウム合金と凝着しにくくすることができる。その結果スカッフ防止性を向上することができる。

【0051】ピストンリングの外周摺動面にDLC被膜、WC、樹脂被膜を形成することによって、ピストンリングの耐摩耗性を向上させることができる。またピストンリングにこれらの被膜を形成することによって、優れた摩擦係数( $\mu$ )を得ることができる。

【0052】

【実施例】以下実施例として、本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材を製造して各種の評価試験を行った。以下説明する。

【0053】(第1評価試験：耐摩耗性及び相手材攻撃性の評価) LFW-1 摩耗試験機を用いて本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材(以下「本発明材」という)及び比較のための摺動部材(以下「比較材」という)の摩耗量及び相手材の摩耗量を測定した。本発明材及び比較材の摩耗量から耐摩耗性を評価し、相手材の摩耗量から相手材攻撃性を評価した。

【0054】本評価試験では、本発明材及び比較材をテストリングとし、相手材をテストブロックとした。摩耗量の測定は、試験後のテストリング及びテストブロックの摩耗深さを測定することによって行った。なお本発明材及び比較材はシリンダのボア面に用いられるのでボア材と、相手材はピストンリングに用いられるのでリング材と表1に付記した。なお本発明材及び比較材の組成と測定結果は表1に示した。

【0055】

【表1】

区分	粉末アルミニウム合金の 化学成分(質量%)							第1の硬質粒子			第2の硬質粒子			摩耗深さ(μm)	
	Al	Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Ni	種類	粒径 (μm)	質量 (%)	種類	粒径 (μm)	質量 (%)	テストリング ボア材	テストブロック リング材
本発明材No.1	残	25	—	—	1	3	—	FeCrC	8	10	—	—	—	2.3	2.6
本発明材No.2	残	25	—	—	1	3	—	FeCrC	8	20	—	—	—	0.9	2.1
本発明材No.3	残	27	—	—	3	5	—	FeCrC	8	20	—	—	—	0.6	0.4
本発明材No.4	残	24	—	—	3	5	—	ムライト	12	5	—	—	—	0.8	0.7
本発明材No.5	残	18	—	—	3	5	—	ムライト	12	5	—	—	—	1.0	1.1
本発明材No.6	残	12	—	—	3	5	—	ムライト	12	5	—	—	—	4.4	1.4
本発明材No.7	残	18	—	—	3	5	—	ムライト	2	5	—	—	—	4.0	0.7
本発明材No.8	残	15	—	—	3	3	—	ムライト	2	3	—	—	—	5.0	0.8
比較材No.1	残	15	—	—	3	3	—	—	—	—	—	—	—	48.2	0.4
比較材No.2	残	24	—	—	3	5	—	—	—	—	—	—	—	23.9	1.6
比較材No.3	残	25	3	—	1	3	—	アルミナ	3	5	FeCrC	8	10	1.3	7.1
比較材No.4	残	12	1	—	1	1	—	擬球7μm	3	5	アルボライト	3	15	15.2	6.3
比較材No.5	残	27	—	—	5	3	—	アルミナ	3	5	—	—	—	2.9	6.6
比較材No.6	残	15	—	—	3	1	—	ムライト	2	3	—	—	—	29.3	0.5
比較材No.7	残	17	5	3.5	1	0.5	—	擬球7μm	3	5	—	—	—	2.9	5.2
比較材No.8	残	40	—	—	—	—	—	アルミナ	3	3	—	—	—	10.3	6.1
比較材No.9	残	25	—	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	35.3	2.6

【0056】テストリングの本発明材及び比較材は以下のように製造した。エアアトマイズ法を用いて、表1に示された組成であって、42メッシュ以下の粒径のアルミニウム合金粉末を急冷凝固して作製した。次にこのアルミニウム合金粉末に表1に示された硬質粒子を添加して、回転翼型ミキサーで均一に混合した。この混合されたアルミニウム合金粉末を冷間静水圧プレスによって、直径が170mmで長さが300mmのピレットを作製した。このピレットを電気炉で400℃にまで加熱して、直ちに間接押出機で直径65mmの丸棒押出材を作製した。

【0057】次にこの丸棒押出材を機械加工して、表1に示された本発明材及び比較材からなる外径が35mm、軸方向の長さが11mmのテストリングを作製した。相手材のテストブロックは表面を窒化処理したSUS440B材を用いた。大きさは6.3mm(縦)×15.7mm(横)×10mm(高さ)であった。

【0058】本評価試験は以下に行った。下側にテストリングを配置し、そのテストリングの上側にテストリングと当接するようにテストブロックを配置した。潤滑油として用いられた5W-30の規格のベースオイルにテストリングを油浴した状態で、テストブロックをテストリングに荷重1764Nで押し付けつつ160rpmの回転速度で30分間回転させて、生じたテストリング及びテストブロックの摩耗深さを測定した。潤滑油の油温は室温とした。

【0059】まず本発明材及び比較材の耐摩耗性について検討する。

【0060】本発明材No.3が最も摩耗量が少なく、摩耗深さは0.6μmである。その後本発明材No.4が摩耗深

さ0.8μm、本発明材No.2が摩耗深さ0.9μm、本発明材No.5が摩耗深さ1.0μm、比較材No.3が摩耗深さ1.3μm、本発明材No.1が摩耗深さ2.3μmと続いている。これらの本発明材及び比較材はいずれも、粉末アルミニウム合金の質量を100%としてSiの含有量が12~30%の間にあり、Mnの含有量が1~6%の間にあり、Mgの含有量が1~6%の間にあり、かつSiの質量百分率の数値とMnの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上となっている。またいずれも硬質粒子を含有している。

【0061】一方比較材No.1及び比較材No.2は、摩耗深さが48.2μm及び23.9μmとなって、摩耗量が多く耐摩耗性が低い。これらの比較材はいずれもSiの含有量が12~30%の間にあり、Mnの含有量が1~6%の間にあり、Mgの含有量が1~6%の間にあり、かつSiの質量百分率の数値とMnの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上となっているが、いずれも硬質粒子を含有していない。また比較材No.9は、摩耗深さが35.3μmでやはり耐摩耗性が低い。この比較材No.9も、硬質粒子を含有しておらず、またMnも含有していない。これらのことから硬質粒子の存在が耐摩耗性を確保することに効果があることが分かる。

【0062】また比較材No.4、比較材No.6及び比較材No.8は、摩耗深さが15.2μm、29.3μm、10.3μmである。これらはいずれも硬質粒子が添加されている。但し比較材No.4及び比較材No.6は、いずれもSiの含有量が12~30%の間にあり、Mnの含有量が1~6%の間にあり、Mgの含有量が1~6%の間にあるが、Siの質量百分率の数値とMnの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が12及び15であって、3



0以上ではない。また比較材No.8は、Siの含有量が40%であるが、Mnは含有されていない。従ってSiの質量百分率の数値とMnの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値は0である。これらのことからSiの含有量が12~30%の間にあり、Mnの含有量が1~6%の間にあり、Mgの含有量が1~6%の間にあり、かつSiの質量百分率の数値とMnの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上であると、マトリックスであるアルミニウム粉末合金自体の耐摩耗性を確保することに効果があることが分かる。

【0063】また比較材No.1と比較材No.2とを比較すると、SiとMnの含有量の多い比較材No.2の方が耐摩耗性が向上していることが分かる。SiとMnの含有量を多くすることによって粉末アルミニウム合金自体の耐摩耗性を向上させることができ、Mnの含有によって粉末アルミニウム合金自体の耐摩耗性を向上させることがわかる。

【0064】即ち一般的に粉末アルミニウム合金の質量を100%としてSiの含有量が12~30%の間にあり、Mnの含有量が1~6%の間にあり、Mgの含有量が1~6%の間にあり、かつSiの質量百分率の数値とMnの質量百分率の数値とを掛け合わせた数値が30以上であって、更に硬質粒子を含有していると、アルミニウム粉末合金製摺動部材の耐摩耗性に優れることが分かる。

【0065】次に本発明材及び比較材の相手攻撃性即ち相手材の摩耗量について検討する。

【0066】本発明材No.1、本発明材No.2、本発明材No.3、本発明材No.4、本発明材No.5、本発明材No.6、本発明材No.7及び本発明材No.8は、相手材（リング材）の摩耗深さがそれぞれ2.6 $\mu$ m、2.1 $\mu$ m、0.4 $\mu$ m、0.7 $\mu$ m、1.1 $\mu$ m、1.4 $\mu$ m、0.7 $\mu$ m及び0.8 $\mu$ mである。いずれも鉄を含有しておらず、硬質粒子としては炭素鉄クロム合金（FeCrC）粒子或いはムライト粒子を含有している。

区分	粉末アルミニウム合金の 化学成分(質量%)							硬質粒子			下側試片	上側試片
	Al	Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Ni	種類	粒径 ( $\mu\text{m}$ )	質量 (%)	摩耗深さ ( $\mu\text{m}$ )	摩耗深さ ( $\mu\text{m}$ )
比較材 No.7	残	17	5	3.5	1	0.5	—	焼結 アルミナ	3	5	17.1	51.4
比較材 No.9	残	25	—	4	1	—	—	—	—	—	22.1	0.0
比較材 No.10	残	2.5	8	2	1	—	—	SiC	2	5	10.1	30.6
本発明材 No.3	残	27	—	—	3	5	—	FeCrC	8	20	2.2	3.0

【0072】本評価試験の下側試片Aの本発明材及び比較材は以下のように製造した。

【0073】まず第1評価試験の場合と同様に、エアアトマイズ法を用いて、表2に示された組成であって、42メッシュ以下の粒径のアルミニウム合金粉末を急冷凝固して作製した。次にこのアルミニウム合金粉末に表1に示された硬質粒子を添加して、回転翼型ミキサーで均

【0067】比較材について検討すると、鉄を含有せずかつアルミナのみを硬質粒子として用いた比較材No.5及び比較材No.8は、相手材の摩耗深さが6.6 $\mu$ m及び6.1 $\mu$ mとなっている。これらから硬質粒子のうちでもアルミナのような比較的硬い硬質粒子を用いると相手材の摩耗が大きくなることと考えられる。

【0068】更に鉄とアルミナの双方を含有している比較材No.3、比較材No.4及び比較材No.7は、相手材の摩耗深さが7.1 $\mu$ m、6.3 $\mu$ m及び5.2 $\mu$ mとなっており、やはり相手材の摩耗が大きくなっている。これに対して鉄を含有せずかつ硬質粒子としてムライトを含有している比較材No.6は、相手材の摩耗深さが0.5 $\mu$ mとなっており、相手材の摩耗量は小さくなっている。これらのことから鉄及びアルミナの存在が相手材の摩耗量を大きくしていると考えられる。また比較材No.3及び比較材No.4のように硬質粒子を複合添加してもアルミナを含むことから、相手材の摩耗量が大きくなっていると考えられる。

【0069】（第2評価試験：腐食雰囲気下の耐摩耗性及び相手材攻撃性の評価）ピンオンディスク摩耗試験機を用いて腐食雰囲気下の本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材（以下「本発明材」という）及び比較のための摺動部材（以下「比較材」という）の摩耗量及び相手材の摩耗量を測定して、耐摩耗性及び相手材攻撃性を評価した。なお図1に本評価試験の概要を示す。

【0070】本評価試験では、シリンダライナのボア面に用いることができる材料即ちシリンダボア材である本発明材及び比較材を下側試片Aとした。その下側試片Aの相手材としてピストンリング材を切り出して上側試片Bとした。摩耗量の測定は、試験後の下側試片及び上側試片の摩耗深さを測定することによって行った。本発明材及び比較材の組成と測定結果は表2に示した。

【0071】

【表2】

一に混合した。この混合されたアルミニウム合金粉末を冷間静水圧プレスによって、直径が170mmで長さが300mmのピレットを作製した。このピレットを電気炉で400℃にまで加熱して、直ちに間接押出機で直径65mmの丸棒押出材を作製した。

【0074】次にこの押出材を機械加工して、表2に示された本発明材及び比較材からなる30mm×30mm

×5mm(板厚)の下側試片Aを作製した。

【0075】相手材の上側試片Bとして、ボア径85mm用SUS440Bガス窒化製ピストンリングを長さ15mmに切断したものを用いた。

【0076】本評価試験は以下のように行った。まず下側に下側試片Aを配置し、その上側に下側試片Aと当接するように上側試片Bを配置して、下側試片A及び上側試片Bを質量パーセント濃度が20%の硫酸水溶液に含浸させた。そしてこの状態で上側試片Bを下側試片Aに荷重50Nで押し付けつつ、下側試片を0.6m/sの回転速度で30分間回転させて、その時の下側試片A及び上側試片Bの摩耗深さを測定した。

【0077】本発明材No.3の摩耗深さは2.2μmであるのに対して、比較材No.7、比較材No.9及び比較材No.10の摩耗深さは、それぞれ17.1μm、22.1μm及び10.1μmとなっている。Fe及びCuを含有していない本発明材No.3は、Fe及びCuの少なくとも1種以上を含んでいるこれらの比較材よりも腐食雰囲気下においても耐摩耗性に優れていることが分かる。

【0078】相手材の摩耗深さは、本発明材No.3においては、3.0μmであるのに対して、比較材No.7、比較材No.9及び比較材No.10においては、それぞれ51.4μm、0.0μm及び30.6μmである。硬質粒子としてアルミナ粒子或いはSiC粒子を含有し、また粉末アルミニウム合金の組成にFeを含有している比較材No.7と比較材No.10は、相手材攻撃性が大きく、相手材の

摩耗量が大きくなっていることが分かる。これに対してFeを含有せずかつ硬質粒子を含有しない比較材No.9は相手材の摩耗量がない。

【0079】これらのことからFe及びCuの1種以上を含有すると腐食雰囲気下における耐摩耗性が低下し、またFeを含有し、また硬質粒子のうちでも比較的硬いアルミナ、SiCを含有していると相手材の摩耗量が大きくなることが分かる。

【0080】(第3評価試験：枯渇潤滑下におけるスカッフ防止性の評価)往復動摩耗試験機を用いて、本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材(以下「本発明材」という)及び比較のため摺動部材(以下「比較材」という)をピストンリング材とを摺動させてスカッフ防止性を評価した。本評価試験の概要を図2に示す。本評価試験ではシリンダボア材に用いることができる本発明材及び比較材に仕上げ加工を施したものを下側試片Cとし、ピストンリング材を切り出して表面処理を施したものを上側試片Dとした。スカッフ防止性は、本評価試験を開始してから摩擦係数が急上昇してスカッフが発生する時間までを測定して評価した。なお本評価試験で用いられた下側試片Cと上側試片Dの組み合わせと測定結果を表3に示した。なお表3の粗さは十点平均粗さ(Rz)で示した。

【0081】

【表3】

組み合わせ	シリンダボア材			ピストンリング材 表面処理	時間
	材料	仕上げ加工方法	粗さ		
No.1	本発明材No.3	仕上げホーニング	0.5Z	樹脂コート	25分以上
No.2	本発明材No.3	仕上げホーニング	0.5Z	WC/Cコート	8分
No.3	本発明材No.8	仕上げホーニング	0.5Z	DLCコート	8分
No.4	本発明材No.8	微粒ショットNiコート仕上げ	2.5Z	窒化	25分以上
No.5	本発明材No.8	微粒ショットSnコート仕上げ	2.5Z	窒化	25分以上
No.6	本発明材No.8	ウォータブラスト処理仕上げ	1.5Z	窒化	25分以上
No.7	本発明材No.8	仕上げホーニング	0.5Z	窒化	2分弱
No.8	本発明材No.8	微粒ショット仕上げ	2.5Z	窒化	4分
No.9	鋳鉄FC230	仕上げホーニング	1.5Z	Crメッキ	10分
No.10	鋳鉄FC230	仕上げホーニング	0.5Z	窒化	1分
No.11	A390・T6	ECM処理	2.5Z	窒化	8分

【0082】下側試片Cとして用いる本発明材No.3及び本発明材No.8は、第2評価試験の場合と同様の方法で、同様の形状に作成したものである。従って形状は、30mm×30mm×5mm(板厚)である。なお本発明材No.3及び本発明材No.8の組成は、表1に示すとおりである。更にこのように作製された本発明材No.3及び本発明材No.8の表面に表3に示された仕上げ加工方法を施した。即ち仕上げホーニング、微粒ショットNiコート仕上げ、微粒ショットSnコート仕上げ、ウォータブラスト処理仕上げ、微粒ショット仕上げを行った。ここで「ウォータブラスト処理仕上げ」とはウォータブラスト

によって摺動面に多数の凹部が形成する処理方法を行い、「微粒ショットNiコート仕上げ」とは、Niをコーティングした微粒子を用いたショットブラストによって表面に多数の凹部を形成すると共にNi被膜を形成する処理方法を、「微粒ショットSnコート仕上げ」とは、Snをコーティングした微粒子を用いたショットブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部を形成すると共にSn被膜を形成する処理方法をいう。「微粒ショット仕上げ」とは通常のショットブラストを言う。

【0083】下側試片Cの比較材として鋳鉄F230及

びアルミニウム合金A390・T6を用いた。鑄鉄F230の表面には仕上げホーニングを施した。またA390・T6の表面には電解加工(ECM)処理を施した。形状は本評価試験で用いられた本発明材と同一とした。なおA390とは、Al-Si-Cu-Mg合金であって、全体の質量を100%として、Siが17%、Cuが4.5%、Mgが0.5%で、残余がAlのアルミニウム合金をいう。

【0084】ピストンリング材として用いられる上側試片Dとしては、ボア径85mm用SUS440Bガス窒化製ピストンリングを長さ15mmに切断したものを用いた。

【0085】表面処理は、表3にあるように、単に窒化処理をすることによる表面処理と窒化処理をしてその上にクロム(Cr)をメッキすることによる表面処理である。

【0086】試験は、上側試片Dの先端が下側試片Cの表面に垂直になるように当接して上側試片Dを49Nで加重した状態で、下側試片Cを往復距離30mm、往復速度7Hzで往復動させて、摩擦係数が急に上昇する時点を測定した。潤滑油は5w30ベースオイルを用いて、試験前に下側試片Cの摺動面に微量塗布するのみで以後試験終了まで補給しなかった。温度は室温で行った。

【0087】組み合わせNo.1、No.2及びNo.3における下側試片Cの仕上げ方法はいずれも仕上げホーニングである。この下側試片Cの相手材である上側試片Dの表面処理は、それぞれ樹脂コート、WC/Cコート、DLCコートである。いずれも組み合わせNo.7の場合更にはNo.8の場合よりも摩擦係数が急に上昇する時間が長くなっている。このことから本発明材を用いて作製されたシリンダボア材の相手材であるピストンリング材に樹脂コート、WC/Cコート、DLCコートを形成することがスカッフ防止に役立つことが分かる。即ちシリンダボア材が鏡面化していてもピストンリングに樹脂コート、WC/Cコート、DLCコートを形成することによってスカッフ防止性を向上させると考えられる。

【0088】組み合わせNo.4、No.5、No.6、No.7、No.8においては下側試片はいずれも本発明材No.8であり、相手材である上側試片Dの表面処理はいずれも窒化処理である。しかし組み合わせNo.4、No.5及びNo.6における下側試片Cの仕上げ方法はそれぞれ微粒ショットNiコート仕上げ、微粒ショットSnコート仕上げ及びウォータブラスト処理仕上げとなっており、いずれも摩擦係数が急に上昇する時間は25分以上経過してからである。これらに対して組み合わせNo.7、No.8においては下側試片Cの仕上げ方法は、それぞれ仕上げホーニング、微粒ショット仕上げとなっており、摩擦係数が急に上昇する時間はそれぞれ2分弱、4分と短いものとなっている。

【0089】微粒ショットNiコート仕上げ、微粒シ

ットSnコート仕上げ及びウォータブラスト処理仕上げ等と仕上げホーニングとを比較すると、微粒ショットNiコート仕上げ、微粒ショットSnコート仕上げ及びウォータブラスト処理仕上げ等の方が仕上げホーニングよりはスカッフ防止性に優れているといえる。仕上げホーニングは表面が鏡面化し易いためにスカッフ防止性が不十分になると考えられる。また微粒ショットも仕上げホーニングよりはスカッフ防止性が向上しているが、微粒ショットSnコート仕上げ及びウォータブラスト処理仕上げ等と比較するとまだ不十分と考えられる。これらのことから本発明材を用いて作製されたシリンダボア材に微粒ショットNiコート仕上げ、微粒ショットSnコート仕上げ及びウォータブラスト処理仕上げを施すことはスカッフ防止性の向上させることができることが分かる。

【0090】組み合わせNo.9、No.10及びNo.11は、組み合わせNo.4、No.5及びNo.6によりは摩擦係数が急に上昇するまでの時間が短くなっている。また組み合わせNo.7とNo.10を比較すると、この2つはシリンダボア材の材料を除いて他の条件は同一である。この場合でも本発明材No.8を用いた組み合わせNo.7の方が摩擦係数が急に上昇する時間が長くなっている。従って本発明材は、従来の鑄鉄よりはスカッフ防止性が向上していると考えられる。

【0091】また本発明材に微粒ショットNiコート仕上げ、微粒ショットSnコート仕上げ及びウォータブラスト処理仕上げを施すことは、従来の鑄鉄、或いはA390・T6を用いた場合よりもスカッフ防止性の向上させることができると考えることができる。

【0092】(第4評価試験：摩擦特性の評価)先に述べた枯渇潤滑下におけるスカッフ防止性の評価試験と同様に、往復動摩擦試験機を用いて、本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材(以下「本発明材」という)及び比較のため摺動部材(以下「比較材」という)をピストンリング材とを摺動させて摩擦特性を評価した。

【0093】本評価試験の概要は、第3評価試験と同様に、図2を用いて示すことができる。本評価試験においてもシリンダボア材に用いることができる本発明材及び比較材に仕上げ加工を施したものを下側試片Cとし、ピストンリング材を切り出して上側試片Dとした。摩擦特性は、本評価試験を開始してから摩擦係数( $\mu$ )が安定した時点の摩擦係数を測定した評価した。

【0094】下側試片Cの材料、その仕上げ加工方法及び表面粗さと上側試片Dとして用いた材料の表面処理方法との組み合わせは、組み合わせNo.12を除いて、第3評価試験における組み合わせから選択した。その組み合わせ及びその測定結果を表4に示した。即ちNo.1、No.7、No.9及びNo.11は、第3評価試験と同一の組み合わせであり、No.12は新たな組み合わせである。

【0095】なお各組み合わせにかかる下側試片C及び上

型試片Dの製造方法及び形状は、第3評価試験の場合と同一であるので、第3評価試験における説明に譲る。

【0096】

【表4】

組み合わせ	シリンダボア材			ピストンリング材	
	材料	仕上げ加工方法	粗さ	表面処理	$\mu$
No.1	本発明材No.3	仕上げホーニング	0.5Z	樹脂コート	0.02
No.7	本発明材No.8	仕上げホーニング	0.5Z	窒化	0.03
No.9	鋳鉄FC230	仕上げホーニング	1.5Z	Crメッキ	0.09
No.12	鋳鉄FC230	仕上げホーニング	0.5Z	Crメッキ	0.07
No.11	A390・T6	ECM処理	2.5Z	窒化	0.10

【0097】本評価試験は、潤滑油として用いられた5W-30の規格のベースオイルに油浴の状態で、上側試片Dの先端が下側試片Cの表面に垂直になるように当接して上側試片Dを49Nで加重しつつ下側試片Cを往復距離40mm、往復速度5Hzで往復動させて、摩擦係数が安定した時の摩擦係数を測定した。なお潤滑油の油温は室温とした。

【0098】組み合わせNo.1及びNo.7はそれぞれ本発明材No.3及び本発明材No.8を用いており、いずれも仕上げホーニングを表面に施している。相手材のピストンリングの表面処理は、組み合わせNo.1では樹脂コートであり、組み合わせNo.7では窒化処理である。相手材が樹脂コートであっても窒化処理であっても優れた摩擦係数を得ることができる。仕上げホーニングによる表面が鏡面化でき、凝着部剪断力の小さい材料のため、比較材を用いた組み合わせNo.9、No.12及びNo.11より摩擦係数が小さくなっていると考えられる。

【0099】組み合わせNo.9及びNo.12において用いられた鋳鉄FC230が仕上げホーニングの場合は、相手材にCrメッキを施しても摩擦係数が大きくなっている。鋳鉄FC230は鏡面化しにくく、凝着部剪断力が大きい材料のために摩擦係数が大きくなっていると考えられる。なお組み合わせNo.9及びNo.12においては仕上げホーニングした鋳鉄FC230の表面の粗さが異なっている。粗さが大きい組み合わせNo.9の方が、組み合わ

せNo.7よりも摩擦係数が大きくなっている。

【0100】（第5評価試験：製造性等の評価）本発明材No.1、本発明材No.3、本発明材No.7、本発明材No.8、比較材No.3、比較材No.7、比較材No.8及び比較材No.9について、製造性を評価した。製造性の評価は、上記長尺材押出機に押し出すときの押出時の押出初圧及び押出された長尺材の表面のクラック、かじり、仕上がり状況観察結果で判断した。押出初圧から押出性を評価し、表面のクラック、かじり、仕上がり状況観察から加工性を評価し、その両者を合わせて製造性を評価した。即ち押出性及び加工性が共に良好な場合を製造性を良好として◎とした。押出性は問題ないが加工性に問題がある場合を製造性をやや良いとして○とした。押出性に問題があっても押し出せないか、或いは押出性及び加工性のいずれも問題がある場合を製造性を悪いとして×とした。

【0101】なお製造方法は、長尺材押出機で押し出すまでは、第1評価試験で示した製造方法と同一の方法製造した。従ってその部分の説明は第1評価試験における説明に譲る。なお製造した長尺材は、薄肉のパイプ状の長尺材であった。

【0102】本評価試験で用いられた本発明材及び比較材の組成及び評価結果を表5に示す。

【0103】

【表5】

区分	粉末アルミニウム合金の 化学成分(質量%)							硬質粒子			製造性
	Al	Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Ni	種類	粒径 ( $\mu\text{m}$ )	質量 (%)	押出性 加工性
本発明材 No.1	残	25	—	—	1	3	—	FeCrC	8	10	◎
本発明材 No.3	残	27	—	—	3	5	—	FeCrC	8	20	○
本発明材 No.7	残	18	—	—	3	5	—	ムライト	2	5	○
本発明材 No.8	残	15	—	—	3	3	—	ムライト	2	3	◎
比較材 No.3	残	25	3	—	1	3	—	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	5	×
比較材 No.7	残	17	5	3.5	1	0.5	—	アルミナ	3	5	×
比較材 No.8	残	40	—	—	—	—	—	アルミナ	3	3	×
比較材 No.9	残	25	—	4	1	—	—	—	—	—	×

(記号の説明)

◎：押出性良好で、ワーク表面の仕上がりも良好。

○：押出性問題無いが、ワーク表面の仕上がりが、少し劣る。

×：押出性に問題有り、押し出せないとかワーク表面にクラック発生の問題有り。

【0104】本発明材は、いずれも押出性が良好であ

る。即ち単に厚肉材だけではなく、薄肉材の押出性につ

いても問題がないと考えられる。

【0105】これに対して比較材No. 3、比較材No. 7、比較材No. 8及び比較材No. 9はいずれも製造性が悪かった。これらは厚肉長尺材については問題はないが、薄肉材については問題があることが分かる。比較材No. 3、比較材No. 7、比較材No. 8についてはアルミナの存在が押出性に影響を与えていると考えられる。また比較材No. 9についてはCuの存在が硬さを高く、伸びを小さくしていると考えられる。

【0106】（第6評価試験：熱伝導性の評価）更に本

区分	粉末アルミニウム合金の 化学成分(質量%)							硬質粒子		熱伝導率 (W/m・k)
	Al	Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Ni	種類	粒径 ( $\mu\text{m}$ )	質量 (%)
本発明材 No.9	残	21	—	—	3	3	—	ムライト	12	3
本発明材 No.8	残	15	—	—	3	3	—	ムライト	2	3
比較材 No.7	残	17	5	3.5	1	0.5	—	撥球 アルミナ	3	5

【0109】このように本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材においては、発明材No. 7及び発明材No. 9の組成を有する場合に優れた熱伝導性を有することとすることができる。

【0110】

【発明の効果】本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材は、優れた耐摩耗性を有することができ、かつ相手材の摩耗量を少なくすることができる。更には優れた製造性を有することができる。

【0111】また本発明の粉末アルミニウム合金製摺動部材において、その摺動面にウォータブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部を形成することによって、スカッフ防止性を向上させることができる。

【0112】更に本発明の粉末アルミニウム合金製摺動

発明材について熱伝導率を測定して、熱伝導性を評価した。更に比較のために比較材について熱伝導率を測定した。表6に本評価試験に用いた本発明材及び比較材の組成と熱伝導率を示す。

【0107】本評価試験で用いられた本発明材及び比較材の製造方法及び形状は耐摩耗性及び相手材攻撃性の評価試験の場合と同一である。従って製造方法及び形状の説明は、第1評価試験における説明に譲る。

【0108】

【表6】

部材において、Ni及びSnのいずれかをコーティングした微粒子を用いたショットブラストによって相手材と摺動する摺動面に多数の凹部を形成すると共にNi被膜及びSn被膜のいずれかを形成することによって、スカッフ防止性を向上させることができる。

【0113】本発明のシリンダとピストンリングの組み合わせは優れたスカッフ防止性を有することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第2評価試験の概要を示す図である。

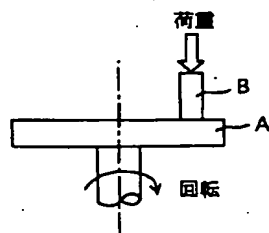
【図2】 第3評価試験、第4評価試験の概要を示す図である。

【符号の説明】

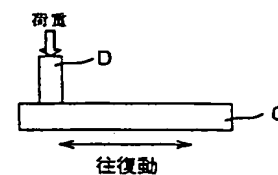
A：下側試片 B：上側試片

C：下側試片 D：上側試片

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

C 23 C 28/00

F 02 F 1/00

5/00

識別記号

F I

C 23 C 28/00

F 02 F 1/00

5/00

特開 2003-13163

C

D

G

F

Fターム(参考) 3G024 AA22 FA00 FA06 FA09 GA00  
GA08 GA18 HA07 HA10  
4K018 AA16 AB01 BA08 BA13 BA20  
BB04 FA01 FA05 FA24 FA25  
KA02 KA08 KA09  
4K044 AA06 AB03 AB04 AB10 BA06  
BA10 BA18 BB02 BB03 BC01  
CA12 CA13 CA14 CA23 CA51